



ZKOUŠENÍ PODPOVRCHOVÉ OBLASTI KONTINUÁLNĚ ODLÉVANÉHO SOCHORU V TŘINECKÝCH ŽELEZÁRNÁCH, A.S.

TESTING OF THE SUBSURFACE AREA OF CAST BILLETS IN TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, A.S.

Štěpán HEFNER, Josef SLOWIK, Lukáš PINDOR, Jiří CIBULKA
Třinecké železářny, a.s., Průmyslová 1000, 739 70 Třinec
E-mail: Stepan.Hefner@trz.cz, Josef.Slowik@trz.cz,
Lukas.Pindor@trz.cz, Jiri.Cibulka@trz.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou podpovrchové oblasti plynule litého sochoru. Navrženou imerzní hlavicí se zabudovanou ultrazvukovou sondou byly v reálných podmínkách detekovány plošné necelistvosti typu trhlin. Povrchová vrstva plynule litého sochoru v peci oxiduje, tedy shoří a tím mohou být obnaženy zárodky pro vznik povrchových trhlin na vývalku. Článek popisuje experiment s podpovrchovými vadami a jejich přenos na tyče po termomechanickém zpracování.

Klíčové slova: plynule litý sochor, imerzní hlavice, ultrazvuk, podpovrchové trhliny

Abstract

The paper deals with testing of the subsurface area of continuously cast billets. Certain types of flat subsurface defects (cracks) were detected in billets by the proposed immersion head including built-in ultrasonic probe. These subsurface defects can cause creation of surface cracks on rolled bars because surface layer of cast billets burns in the furnace, which leads to the exposure of cracks hidden inside the billets. Transfer of subsurface defects from billets to rolled bars after thermomechanical treatment is described in the paper as well.

Key words: continuously casted billets, immersion head, ultrasound, undersurface cracks

1. Úvod

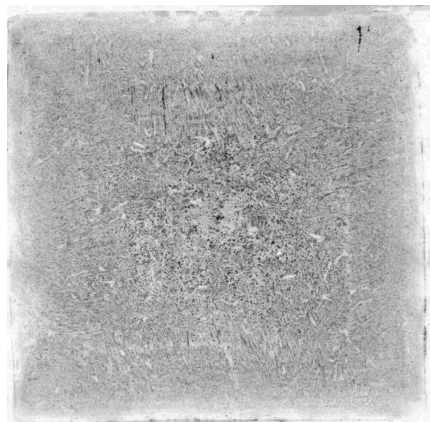
Plynule lité sochory z produkce Třineckých železáren, a.s. mají rozměry 150 x 150 mm a při délce 12 m váží cca 2 tuny. Ultrazvukové zkoušení plynule litého sochoru se běžně neprovádí, protože se jedná o hrubozrnnou strukturu a ve středové oblasti je značné množství staženin. Povrch plynule litého sochoru je zvrásněn pravidelnými oscilačními vráskami, což zhoršuje zkušební podmínky. Z důvodu výše uvedených nevýhod je patrné, že detekce vad ultrazvukem bude omezena na

vhodně orientované, velké a plošné vady typu trhlin. Ve spolupráci s technologií Trineckých železáren, a.s. se na zařízení plynulého odlévání podařilo řízenou úpravou parametrů odlévání vyrobit vadný sochor, který se stal předmětem této analýzy.

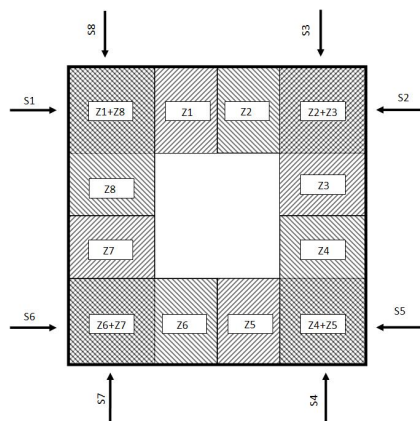
2. Metodika zkoušení a popis měřící aparatury

V průběhu plynulého odlévání oceli může vlivem nerovnoměrnosti chlazení či špatným vedením předlitku v zóně sekundárního chlazení docházet k formování náhodně se vyskytujících podpovrchových trhlin a dalších necelistvostí. Podpovrchové a vnitřní necelistvosti typu trhlin se v průběhu termomechanického zpracování obvykle svaří. Naším cílem bylo ověřit, zda se ultrazvukem detekované vady mohou obnažit při ohřevu v peci. V případě otevření trhliny na povrch a její oxidace již nelze se svařením nedokonalostí počítat a vada může být přenesena ze sochoru na vývalek.

Metodiku zkoušení jsme zvolili na základě prvotního experimentu, kde bylo provedeno ultrazvukové zkoušení podpovrchové oblasti vadného sochoru. Nalezenou UZ indikaci potvrdil Baumanův otisk viz obr. 1. Při současném návrhu 100% pokrytí podpovrchové vrstvy by musela mít automatizovaná UZ linka osm kanálů z důvodu širokého vstupního echa. Profil sochoru jsme rozdělili do osmi zón (viz obr. 2) kde písmena „S“ označují směry zvučení a písmena „Z“ označují zóny zkoušené oblasti. Třídící práh byl nastaven na druhou polovinu zkoušené tloušťky, tedy před KE. Například ze směru zvučení S1 byla zkoušena zóna Z2.



Obr. 1 Baumanův otisk zobrazující trhlínu v podpovrchové oblasti (vpravo nahoře)
Fig.1 Baumann printing showing the crack in the subsurface are (on the right up)

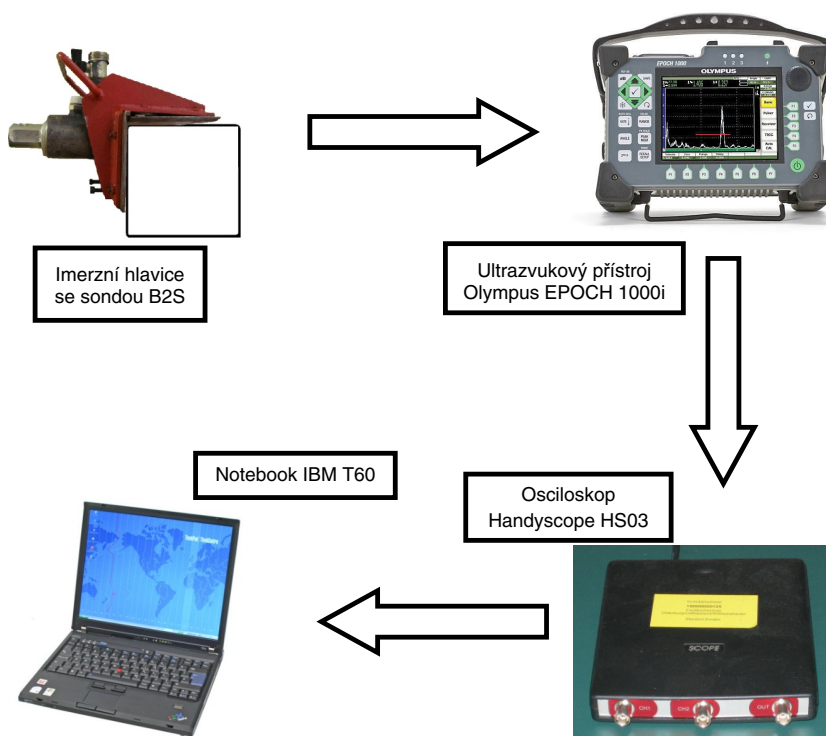


Obr. 2 Zobrazení zkoušených zón a směrů UZ svazků v profilu plynule litého sochoru
Fig.2 Picture of examinational zones and directions of UZ beams at the side face of casted billet

Měřící aparatura se skládá ze čtyř základních částí. Srdcem celého systému je konvenční ultrazvuková sonda B2S uložená ve speciálně navrženém přípravku pro vedení vodního sloupce (imerzní vazby), který byl pojmenován „imerzní hlavice“. Buzení sondy a zpracování odezvy mechanického kmitání bylo provedeno za pomoci

ultrazvukového přístroje Olympus EPOCH 1000i. Dvoukanálový osciloskop Handyscope HS03 sledoval alarm z výstupních konektorů UZ přístroje. Informace o poloze vad byly automaticky zaznamenány do připojeného notebooku Lenovo. Celý zkušební systém je zobrazen na blokovém schématu, viz obrázek č. 3. Záznamy z osciloskopu umožnily přesně monitorovat a mapovat polohu indikací na sochoru (při překročení třídícího prahu a také při podkročení koncového echa).

Z důvodu velké drsnosti a přítomnosti oscilačních vrásek na povrchu sochoru byl využit imerzní způsob vazby sonda-sochor. Tento způsob vazby současně chrání sondu před případným mechanickým poškozením. Voda je do imerzní hlavice přivedena hadicí z vodního řádu užitkové vody s přepadem do kanálu (neuzavřený okruh). Přetlak vody byl optimalizován, aby na povrchu zkoušeného materiálu bylo zajištěno dostatečné předsmačení.



Obr. 3 Blokové schéma systému pro zkoušení plynule litého sochoru
Fig.3 System diagram for testing of continuously casted billets

Zkoušení v laboratorních podmínkách

V laboratorních podmínkách (tedy ve statickém režimu, bez víření imerzní vazby, bez vibrací a nežádoucích vlivů) byly na vzorku s přirozenými a uměle vytvořenými vadami ověřeny různé typy sond. Vzhledem ke zkušebním podmínkám, se jako nejvhodnější jevílo použití sondy B2S. Citlivost systému byla ověřena na

příčných vývrtech o průměrech 3, 5 a 7 mm. S dostatečným odstupem signál/šum byl detekován vývrt o průměru 5 a 7 mm. Pomocí uměle vytvořených vývrtů v různých hloubkách byla sestavena DAC křivka.

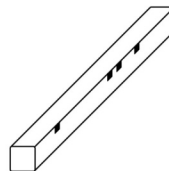
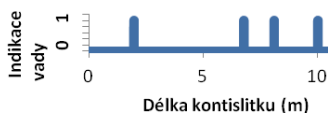
3. Experiment

Zkoušení v reálných podmínkách provozu (tedy za pohybu sochoru na valníku při rychlosti cca 0,5 m/s) zhoršuje zkušební podmínky nejen z hlediska vibrací, víření imerzní vazby, ale současně s polohováním imerzní hlavice. Profil sochoru nemusí být vždy ideálně čtvercový a chvíli trvalo, než se podařilo optimalizovat mechanické vedení imerzní hlavice vůči sochoru, abychom získali dobrou UZ vazbu po celé délce dvanácti metrů viz obr. 4. Povrch kontinuálně litého sochoru je zokoušený, proto jsme provedli rovnání a tryskání, čímž bylo docíleno zlepšení vazebních podmínek. Jednotlivé indikace v závislosti na poloze jsou zaznamenány do grafu viz obr. 5. Na stejném obrázku je patrné rozložení vad v grafické podobě sochoru.



Obr. 4 Zkoušení sochoru imerzní hlavicí v dynamickém režimu s indikací vady

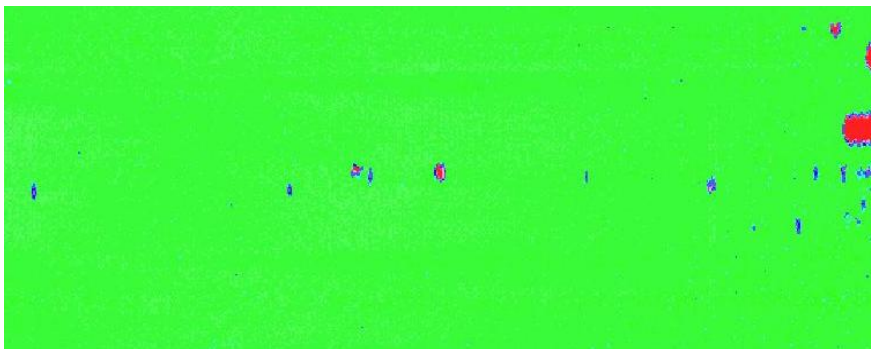
Fig.4 Testing of billet with a immersion head in the dynamic regime



Obr. 5 Náčrt s rozmístěním nalezených vad v sochoru

Fig.5 Sketch of found defects in the billet

Po ohřevu na 1100 °C byl sochor termomechanicky zpracován za pomoci šesti válcovacích stolic a dvou finálních ASC stolic na Kontijemné trati provozu VJ. Po odválcování sochoru bude mít vývalek délku cca 50 m při průměru 80 mm. Proto byly pro lepší identifikaci polohy vad vytvořeny úhlovou bruskou (15 cm před a 15 cm za trhlinou) příčné zářezy do hrany sochoru. Příčné zářezy na hraně sochoru vytvořily po odválcování viditelné přeložky, které označily místo pro odběr vzorků k další analýze. Vzorky byly vyřezány a podrobeny UZ zkoušce v imerzní vaně UPR4/HIC.



*Obr. 6 C-sken UZ zkoušky v imersní vaně UPR4/HIC
Fig.6 C-scan of ultrasound testing in the immersion bath UPR4/HIC*

Ukázka C-skenu jednoho vzorku je na obr. 6, kde jsou zobrazeny indikace uspořádané v řádku, v rozmezí velikosti FBH 1 až 2 mm a v hloubce cca 9 mm pod povrchem. Pro porovnání byly uměle vytvořeny osové vývrty o průměru 2 mm v podpovrchové oblasti tyče, které jsou zobrazeny na pravé straně C-skenu. Přenosným UZ přístrojem byla jedna z největších přirozených indikací přesně lokalizována a předána k řezání a metalografické analýze, jejímž výsledkem byl nález vměstků s potvrzením velikosti 1,57 mm. V místě kolem těchto vměstků může docházet k porušení materiálu.

4. Závěr

Provozní zkoušky potvrdily možnost detekce podpovrchových vad plynule litých sochorů pomocí ultrazvukového zařízení. Z nálezů je patrné, že řízenou úpravou parametrů na zařízení plynulého odlévání se uvolnily části strusky, které utuhly v podpovrchové oblasti. Tyto vměstky byly metalograficky identifikovány jako hlinito-křemičitany. Jedná se tedy o typ vměstků, které nejsou tvařitelné a v mikrostukové vytvářejí lokální napěťové koncentrátoři. Ukazuje se však, že se trhlinky kolem těchto vměstků mohou svařit po ohřevu v peci a po válcování. Pro přenesení podpovrchových vad z předlitku na vývalek totiž hraje důležitou roli také její umístění (hloubka uložení) a velikost. Další práce tak budou zaměřeny na stanovení kritických podmínek pro přenesení podpovrchových vad z litého do válcovaného stavu.

Poděkování

Příspěvek vznikl za přispění projektu FR - TI2 / 536, v rámci programu TIP 2010 - MPO ČR.

